

### Kompressionsvorrichtung für gasförmige Medien

10

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zum Komprimieren gasförmiger Medien. Die Erfindung wird in Bezug auf einen Kompressor, insbesondere für eine Klimaanlage eines Kraftfahrzeugs beschrieben, es wird jedoch darauf hingewiesen, dass die Vorrichtung auch für andere Vorrichtungen zum Komprimieren gasförmiger Medien Anwendung finden kann.

15

20

Derartige Kompressoren oder Verdichter sind aus dem Stand der Technik für Klimaeinrichtungen als Basisbestandteil derselben bekannt. Ebenso ist es aus dem Stand der Technik bekannt, dass insbesondere die Kompressoren beziehungsweise Kältemittelverdichter eine große Verlustquelle für die Klimaanlage darstellen, insofern als sie zu einem signifikanten, zusätzlichen Energie- und somit Treibstoffverbrauch führen.

25

30

Eine Ursache für diese energetischen Verluste sind unterschiedliche Irreversibilitäten, die einerseits die Kompressorantriebsleistung erhöhen und andererseits die Wärmeleistung erhöhen, die an die Umgebung abzuführen ist. Je nach dem eingesetzten Kältemittel, teilen sich die Verluste im Kompressor unterschiedlich auf verschiedene Verlustvorgängen auf. Zu den bedeutendsten Verlustvorgängen zählen die hubunabhängige Reibleistung, die hubabhängige Reibleistung, die Verlustleistung durch innere Leckage, die Drosselverluste am Saugventil sowie die Drosselverluste am Druckventil. Durch konstruktive Änderungen am Aufbau des Kompressors können gegenläufige Auswirkungen auf die einzelnen Verlustvorgängen bewirkt werden.

- 2 -

Beispielsweise können sich Maßnahmen zur Verbesserung der inneren Dichtigkeit zwischen einer Volumen-Verdrängungseinrichtung, insbesondere einem Kolben und der dieser zugeordneten Wandung, insbesondere einer Zylinderwand gleichzeitig in einer Erhöhung der Reibleistung niederschlagen, die einen Teil der Verbesserungen wieder zunichte macht.

Wie in intensiven Untersuchungen ermittelt werden konnte, wirken sich, insbesondere bei hohen geförderten Saugvolumenströmen, das heißt, bei einer hohen Drehzahl oder einem hohen Fördergrad des Kompressors sowie bei Verwendung eines Kältemittels mit relativ niedriger volumetrischer Kälteleistung wie beispielsweise von R134a, insbesondere die Drosselverluste am Saugventil nachteilig aus.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht daher darin, den Gesamtwirkungsgrad eines Kompressors, insbesondere bei hohen Volumenströmen, dadurch zu verbessern, dass der Druckverlust am Saugventil durch konstruktive Maßnahmen abgesenkt wird. Dies wird erfindungsgemäß durch eine Vorrichtung nach Anspruch 1 erreicht. Vorteilhafte Weiterbildungen und Ausführungsformen sind Gegenstand der Unteransprüche.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Komprimieren gasförmiger Medien weist wenigstens einen Kompressionsraum auf, in den das gasförmige Medium eintreten kann und aus dem das gasförmige Medium austreten kann. Des weiteren ist wenigstens eine erste Ventileinrichtung mit wenigstens einer ersten Öffnung und wenigstens einer ersten, die erste Öffnung wenigstens zeitweise im Wesentlichen bedeckenden Abdichteinrichtung vorgesehen, wobei die erste Ventileinrichtung einen Eintritt des gasförmigen Mediums in den Kompressionsraum erlaubt und einen Austritt des gasförmigen Mediums aus dem Kompressionsraum im Wesentlichen verhindert.

Daneben ist eine zweite Ventileinrichtung mit wenigstens einer zweiten Öffnung und wenigstens einer zweiten, die zweite Öffnung wenigstens zeitweise im Wesentlichen bedeckenden Abdeckeinrichtung vorgesehen, wobei die zweite Ventileinrichtung einen Austritt des gasförmigen Mediums aus dem

- 3 -

Kompressionsraum erlaubt und einen Eintritt des gasförmigen Mediums in den Kompressionsraum im Wesentlichen verhindert.

5 Erfindungsgemäß übertrifft der freie Querschnitt einer Ventileinrichtung den freien Querschnitt der anderen Ventileinrichtung erheblich.

10 Unter dem freien Querschnitt beziehungsweise dem engsten freien Querschnitt wird die Oberfläche beziehungsweise die Öffnung umfänglich begrenzende Mantelfläche des geometrischen Raumes beziehungsweise Volumens verstanden, dessen Höhe durch den Abstand der Abdeckeinrichtung (bei geöffnetem Ventil) von der Öffnung und dessen Umfang durch den Umfang des Öffnungsquerschnittes des Ventils definiert ist. Dabei muss der Abstand zwischen der Abdeckeinrichtung und der Öffnung nicht notwendigerweise konstant sein.

15 Bevorzugt übertrifft der freie Querschnitt der ersten Ventileinrichtung den freien Querschnitt der zweiten Ventileinrichtung erheblich. Dies bedeutet, dass der freie Querschnitt der Ventileinrichtung, die ein Ansaugen des gasförmigen Mediums in den Kompressionsraum ermöglicht, den freien Querschnitt der Ventileinrichtung, der einen Austritt des gasförmigen Mediums aus dem Kompressionsraum ermöglicht, erheblich übertrifft. Also sind die entsprechenden Querschnitte beim Saugventil größer ausgelegt als die Querschnitte beim Druckventil der Kompressionseinrichtung.

25 Unter einer Abdeckeinrichtung wird dabei eine Einrichtung verstanden, die die ihr zugeordnete Öffnung wenigstens zeitweise im Wesentlichen vollständig abdeckt und daher für die Öffnung in diesem Zustand abdichtend wirkt.

30 Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform übertrifft der freie Querschnitt der einen Ventileinrichtung den freien Querschnitt der anderen Ventileinrichtung wenigstens um einen Faktor 2; dies bedeutet, dass bevorzugt der freie Querschnitt des Saugventils den freien Querschnitt des Druckventils um wenigstens einen Faktor 2 übertrifft. Vorzugsweise übertrifft der freie Querschnitt der einen Ventileinrichtung den freien Querschnitt der anderen

- 4 -

Ventileinrichtung wenigstens um einen Faktor 2,5, bevorzugt wenigstens um einen Faktor 3 und, besonders bevorzugt, wenigstens um einen Faktor 4.

5 Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist die Vorrichtung eine gegenüber dem Kompressionsraum beweglich angeordnete Kolbeneinrichtung auf, wobei in Abhängigkeit von der Bewegungsrichtung des Kolbens je ein Ventil schließt und eines wenigstens zeitweise geöffnet ist.

10 In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist wenigstens eine Abdeckeinrichtung als Lamelle ausgeführt. Bevorzugt sind beide Abdeckeinrichtungen Lamellen. Diese sind, je nach Bewegungsrichtung der Kolbeneinrichtung, gegenüber dem Kompressionsraum entweder von den ihnen zugeordneten Öffnungen beabstandet oder liegen im Wesentlichen an diesen an, so dass auf diese Weise ein Durchtritt von Gas in einer Richtung durch die Öff-  
15 nung verhindert und in der anderen im Wesentlichen ermöglicht wird.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist wenigstens eine Ventileinrichtung, bevorzugt sind beide Ventileinrichtungen, in einer Ventilplatte angeordnet. Diese Ventilplatte bildet den Abschluss des Kompressionsraumes. Damit wird unter dem oben bezeichneten Abstand zwischen der Öff-  
20 nung und der Abdeckeinrichtung auch der Abstand zwischen der Ventilplatte beziehungsweise der Oberfläche der Ventilplatte, die der Abdeckeinrichtung zugewandt ist, einerseits, und der Abdeckeinrichtung, andererseits, verstanden.  
25

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist die erste Öffnung der ersten Ventileinrichtung, d.h. der Saugventileinrichtung, nicht kreisförmig ausgebildet.

30 Wie oben dargestellt, ergibt sich der freie Querschnitt der Ventileinrichtung aus dem Umfang des Ventilöffnungsquerschnitts und dem Abstand zwischen der Öffnung und der Abdeckeinrichtung. Daher wird bei dieser Ausführungsform durch die Wahl eines nicht kreisförmigen Querschnitts der Umfang der Öffnung bei gleicher Querschnittsfläche bzw. seitlichem Abmaß und damit

Platzbedarf erhöht. Bekanntermaßen weist ein Kreis das geringste Verhältnis zwischen Kreisumfang und Kreisfläche im Vergleich zu anderen zweidimensionalen geometrischen Figuren auf. Daher bewirkt eine Abänderung des Öffnungsquerschnitts vom kreisförmigen Profil eine Erhöhung des Verhältnisses aus Umfang und Fläche der Öffnung. Anders ausgedrückt, wird ein Verhältnis zwischen Kreisumfang und Kreisfläche ausgewählt, welches größer ist als  $2 / r$ , wobei  $r$  der Radius der Kreisöffnung ist.

Der Vorteil dieser Vorgehensweise besteht darin, dass der Umfang der Öffnung vergrößert werden kann, ohne dass gleichzeitig der Querschnitt bzw. die Fläche der Öffnung in vergleichbarem Maß ansteigt, wodurch insbesondere der nur begrenzt auf der Verteilplatte zur Verfügung stehenden Flächen Rechnung getragen werden kann.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist die erste Ventileinrichtung mehrere erste Öffnungen auf. Auch auf diese Weise kann der Umfang des Ventilöffnungsquerschnittes im Verhältnis zu dessen Fläche erhöht werden.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist der Umfang der wenigstens einen Öffnung der ersten Ventileinrichtung größer, bevorzugt deutlich größer als der Umfang der wenigstens einen Öffnung der zweiten Ventileinrichtung. Dies bedeutet, dass das Ansaugventil einen größeren, bevorzugt beträchtlich größeren Öffnungsumfang aufweist als das Druckventil. Auf diese Weise kann – wie eingangs erwähnt – der Verlust der Vorrichtung zum Komprimieren von Gas erheblich gesenkt werden, auch wenn dabei in Kauf genommen wird, dass geringfügig Verluste am Druckventil ansteigen.

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist wenigstens eine Öffnung der ersten Ventileinrichtung einen Umfang auf, der – verglichen mit dem Umfang einer fiktiven kreisförmigen Öffnung, welche den gleichen Querschnitt wie die wenigstens eine Öffnung aufweist – um wenigstens 10 %, bevorzugt um wenigstens 20 % und, besonders bevorzugt, um wenigstens 50 % übersteigt. Dies bedeutet, dass die tatsächliche Öffnung einer gedachten kreisförmigen Öffnung gegenübergestellt wird, wobei die



gedachten kreisförmigen Öffnung gegenübergestellt wird, wobei die gedachte Öffnung die gleiche Querschnittsfläche wie die tatsächliche Öffnung aufweist und die tatsächliche Öffnung andererseits einen größeren Umfang als die gedachte Öffnung aufweist. Dies kann, wie oben ausgeführt, beispielsweise durch Abweichungen, bevorzugt signifikante Abweichungen von der kreisförmigen Form erreicht werden.

Die angegebenen Erhöhungen des Umfang-Flächen-Verhältnisses bezüglich der kreisförmigen Öffnung um 10 %, 20 % beziehungsweise 50 %, welche auch als signifikante Erhöhungen verstanden werden, bewirken eine erhebliche Absenkung des Leistungsverlustes am Saugventil.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist wenigstens eine Abdeckeinrichtung, bevorzugt die Abdeckeinrichtung der ersten Ventileinrichtung, wenigstens eine Ausnehmung auf. Unter einer Ausnehmung wird dabei eine Unterbrechung der Abdeckeinrichtung verstanden. Dabei kann die Ausnehmung beliebige geometrische Formen, beispielsweise kreisförmige, ellipsenförmige, polygonale und/oder ähnliche Querschnitte aufweisen. Dabei können die Ausnehmungen beziehungsweise Durchbrüche in den Bereichen angeordnet sein, infolge derer bei Nichtvorhandensein dieser Durchbrüche ein langer Gasweg mit engem Querschnitt entstehen würde.

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist wenigstens eine Abdeckeinrichtung, bevorzugt die erste Abdeckeinrichtung der ersten Ventileinrichtung, wenigstens einen Vorsprung auf. Im Gegensatz zu der obengenannten Ausnehmung wird unter einem Vorsprung ein Gebilde verstanden, welches gegenüber der übrigen Fläche hervorsteht, wohingegen die Ausnehmung im Wesentlichen vollumfänglich von der Fläche der Abdeckeinrichtung umgeben wird.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist wenigstens eine Abdeckeinrichtung, bevorzugt sind beide Abdeckeinrichtungen, an der Ventilplatte befestigt.

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist die Gestalt wenigstens einer Abdeckeinrichtung an die Gestalt der dieser Abdeckeinrichtung zugeordneten Öffnung angepasst. Unter der der Abdeckeinrichtung zugeordneten Öffnung wird diejenige Öffnung verstanden, die abzudecken die betreffende Abdeckeinrichtung bestimmt ist. Bevorzugt überragen die Umfangsränder wenigstens einer Abdeckeinrichtung die Umfangsränder der zugeordneten Öffnung um zwischen 0,5 mm und 5 mm, bevorzugt um 1 mm bis 3 mm. Dies bedeutet, dass, wenn beispielsweise die Öffnung kreisrund mit einem Radius von 20 mm ausgebildet wäre, die ihr zugeordnete Abdeckeinrichtung gegenüber der Öffnung konzentrisch angeordnet wäre, mit einem Radius von zwischen 20,5 mm und 25 mm, bevorzugt zwischen 21 mm und 23 mm. Dabei kann die Abdeckeinrichtung die ihr zugeordnete Öffnung entlang des gesamten Umfangs um einen im Wesentlichen konstanten Betrag überragen, der Betrag der Überlappung kann jedoch auch variieren, so dass die Öffnung an unterschiedlichen Bereichen unterschiedlich überragt wird.

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist wenigstens eine Öffnung eine um den Öffnungsquerschnitt umlaufende Nut auf. Die oben erwähnte geringe Überdeckung hat den Vorteil, dass die Dämpfung beim Abheben und Anlegen der Abdeckeinrichtung durch den Abriss beziehungsweise die Verdrängung des Gas- und/oder Kälteölpolsters im engsten Spalt minimiert wird. Um diesen Effekt zu minimieren, kann zusätzlich eine um den Öffnungsquerschnitt umlaufende Nut beziehungsweise eine gezielte Aufrauung der Ventilplatte vorgesehen sein.

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist die Ventilplatte bevorzugt an der der Abdeckeinrichtung zugewandten Seite wenigstens einen Oberflächenabschnitt mit einer wenigstens abschnittsweise verformbaren Beschichtung auf.

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist wenigstens eine Abdeckeinrichtung wenigstens einen Oberflächenabschnitt bevorzugt an der der Öffnung zugewandten Seite mit einer wenigstens abschnittsweise verformbaren Beschichtung auf. Dabei weist in einer besonders bevorzugten

- 8 -

Ausführungsform die Beschichtung wenigstens ein Material auf, welches Teflon (PTFE) enthält.

5 Der Grund für diese Ausführungsform ist, dass durch die signifikante Erhöhung des Umfangs der Saugventilöffnung und der Ventilplatte auch die Dichtfläche zwischen der Ventilplatte einerseits und der Abdeckeinrichtung andererseits erhöht wird und damit zusätzliche Leckagequerschnitte entstehen können. Durch die elastisch und/oder plastisch verformbare Beschichtung auf der Ventilplatte und/oder der Abdeckeinrichtung können diese Leckagen zumindest vermindert werden. Wie ausgeführt, kommen für die Beschichtungen temperaturbeständige Polymere, wie Teflon (PTFE), in Frage, aber auch metallisch-weiche Plattierungen sind in der Lage, Mikrorauhigkeiten durch plastische Anpassung der Dichtungspartner auszugleichen. In letzterem Fall ist jedoch eine Lagefixierung der Abdeckeinrichtungen beziehungsweise Lamellen in Bezug auf den Zylinderboden erforderlich, was technisch jedoch kein Problem darstellt.

20 Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist wenigstens eine Abdeckeinrichtung von ihrer zugeordneten Öffnung im geöffneten Zustand des Ventils wenigstens abschnittsweise einen Abstand auf, der größer als 0,5 mm, bevorzugt größer als 1 mm, besonders bevorzugt größer als 1,5 mm ist. Bevorzugt handelt es sich dabei um die Abdeckeinrichtung der ersten Ventileinrichtung.

25 Wie oben dargestellt, soll der engste freie Querschnitt des Saugventils erhöht werden, wobei sich dieser Querschnitt aus dem Produkt des Umfangs der Ventilöffnung und dem Abstand der Abdeckeinrichtung von der Öffnung beziehungsweise der Ventilplatte ergibt. Anstelle einer Vergrößerung des Umfangs der Öffnung kann also auch eine Vergrößerung des Abstandes vorgenommen werden. Eine Erhöhung dieses Abstandes führt jedoch auch dazu, dass die Öffnungs- und Schließzeiten des Ventils erhöht werden und dadurch zusätzliche innere Leckagen durch zu spätes Schließen des Ventils entstehen können. Es ist jedoch möglich, eine Erhöhung des maximal zugelassenen Hubs der Abdeckeinrichtung gegenüber der Ventilplatte in Zusam-



- 9 -

menhang mit einer Abstimmung der Federsteifigkeit und/oder Vorspannung der Abdeckeinrichtung zu verbessern.

5 Die Erfindung ist ferner auf die Verwendung der erfindungsgemäßen Vorrichtung in einer Klimaanlage, insbesondere für ein Kraftfahrzeug, gerichtet. Es sei jedoch klargestellt, dass derartige Vorrichtungen zum Komprimieren von Gas auch in anderen Kältemaschinen, wie beispielsweise Kühlschränken, Anwendung finden können.

10 Weitere Vorteile und Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus den beigefügten Zeichnungen.

Dabei zeigt:

15 Fig. 1 eine Draufsicht auf die Ventilplatte einer Vorrichtung zum Komprimieren eines gasförmigen Mediums nach dem Stand der Technik;

Fig. 2 einen schematischen Schnitt durch die Ventilplatte der Vorrichtung aus Fig. 1;

20 Fig. 3 ein Diagramm zur Darstellung der Kompressorverlustleistungen bei einer Vorrichtung nach dem Stand der Technik;

25 Fig. 4 eine Draufsicht auf eine erste erfindungsgemäße Ausführungsform einer Ventilplatte einer Vorrichtung zum Komprimieren eines gasförmigen Mediums;

Fig. 5 eine Draufsicht auf die erfindungsgemäße Vorrichtung in einer weiteren Ausführungsform;

30 Fig. 6 eine Draufsicht auf die erfindungsgemäße Vorrichtung in einer weiteren Ausführungsform;

- 10 -

Fig. 7 eine Draufsicht auf die erfindungsgemäße Vorrichtung in einer weiteren Ausführungsform;

5 Fig. 8 eine Darstellung der Verlustleistungen für die erfindungsgemäße Vorrichtung;

Fig. 9 eine Darstellung des Wirkungsgrades für eine Vorrichtung nach dem Stand der Technik, und

10 Fig. 10 eine Darstellung des Wirkungsgrades für eine erfindungsgemäße Vorrichtung zum Komprimieren eines gasförmigen Mediums.

15 Fig. 1 zeigt eine Draufsicht auf die kolbenseitige Oberfläche einer Ventilplatte 2 einer Kompressionseinrichtung nach dem Stand der Technik. In dieser Ventilplatte ist eine Druckventilöffnung 4 vorgesehen, welche mit einer (nicht dargestellten) Abdeckeinrichtung versehen ist. Des weiteren ist eine Abdeckeinrichtung 7, eine zweite (verdeckte) Ventilöffnung 13, welche Bestandteil des Saugventils ist, dargestellt.

20 Bei der Kompressionseinrichtung nach dem Stand der Technik weisen sowohl die Öffnung 4 des Druckventils als auch die Öffnung 13 des Saugventils ähnlich große Umfänge auf.

25 Fig. 2 zeigt eine schematische ausschnittsweise Darstellung einer Kompressionseinrichtung nach dem Stand der Technik. Dabei bezeichnet das Bezugszeichen 7 die Abdeckeinrichtung des Saugventils, das in diesem Zustand geöffnet ist, wobei das untere Ende 7a der Saugventillamelle an dem linken Anschlag der Einkerbung 3 zu liegen kommt und somit an einer weiteren Bewegung weg von der Öffnung 13 gehindert wird. Das obere Ende 7b der Abdeckeinrichtung des Saugventils ist zwischen der Ventilplatte 2 und einer Zylinderwandung 18 befestigt. Das Bezugszeichen 13 bezieht sich auf die Öffnung des Saugventils, welche durch die Abdeckeinrichtung 7 in geschlossenem Zustand im Wesentlichen abgedeckt wird. Das Bezugszeichen 4 kennzeichnet die Öffnung des Druckventils, welche durch die Abdeckein-

30

richtung 8 ebenfalls in dem hier gezeigten geschlossenen Zustand im Wesentlichen abgedeckt wird. Die Abdeckeinrichtung 8 ist mit dem unteren Ende zwischen der Ventilplatte 2 und einem Trennsteg 14 befestigt. Dieser Trennsteg 14 dient dazu, den Saugraum 12 gegenüber dem Druckraum 11 im Wesentlichen gas- und/oder flüssigkeitsdicht abzudichten. Durch die Zylinderwand 18 und die Ventilplatte 2 wird der Kompressionsraum 10 beziehungsweise dessen Endbereich abgeschlossen. Innerhalb des Kompressionsraums 10 bewegt sich eine (nicht gezeigte Kolbeneinrichtung), wobei je nach Bewegungsrichtung der Kolbeneinrichtung entweder das Saugventil oder das Druckventil geschlossen ist. Die Bezugszeichen 16a und 16b zeigen Ringnuten um die jeweiligen Ventilöffnungen 13 und 4. Diese Ringnuten dienen dazu, die Zeitverzögerungen beim Abheben und Anlegen der jeweiligen Ventilabdeckeinrichtungen durch den Abriss beziehungsweise die Verdrängung des Gas- und/oder Kalteölpolsters zu minimieren.

In Fig. 3 ist eine Darstellung der Kompressorverlustleistungen für eine Kompressionsvorrichtung nach dem Stand der Technik dargestellt. Dabei wird von definierten Drücken ausgegangen und von dem Originalsaugventil bei einem hohen Druckverhältnis. Auf der y-Achse sind die gesamten Verlustleistungen in Relation zur isentropen Leistung, das heißt, der Leistung bei konstanter Entropie, dargestellt. Auf der x-Achse sind jeweils unterschiedliche Kompressordrehzahlen in der Einheit 1/min dargestellt.

Dabei sind die Verlustanteile auf die isentrope Verdichtungsarbeit, also die verlustfreie Verdichtungsarbeit bezogen. Die vier Diagramme zeigen die jeweiligen Verlustleistungen bei unterschiedlichen Fördergraden, wobei das Bezugszeichen A einen Fördergrad von 0,8 kennzeichnet, das Bezugszeichen B einen Fördergrad von 0,6, das Bezugszeichen C einen Fördergrad von 0,4 und das Bezugszeichen D einen Fördergrad von 0,2.

Der Fördergrad ist dabei definiert als das Produkt aus dem Regelgrad und dem Liefergrad. Dabei ist der Regelgrad  $\lambda_{\text{regel}}$  wie folgt als das Verhältnis aus dem aktuellen geometrischen Hubvolumen des leistungsregelbaren Kompressors und dem maximalen geometrischen Hubvolumen definiert:

- 12 -

$$\lambda_{\text{regel}} = V_{\text{geo}} / V_{\text{geo-max}}$$

5 Der Liefergrad ist in klassischer Weise definiert als das Verhältnis aus real gefördertem Volumenstrom, bezogen auf den theoretisch bei dem aktuellen Hubvolumen geförderten Volumenstrom, nach folgender Gleichung:

$$\lambda_{\text{liefer}} = G_R / (\rho_{\text{saug}} \cdot V_{\text{geo}} \cdot r_c)$$

10

Damit ergibt sich für den Fördergrad, das heißt, das Produkt aus dem Liefergrad und dem Regelgrad, folgendes Verhältnis:

$$\lambda_{\text{förder}} = G_R / (\rho_{\text{saug}} \cdot V_{\text{geo-max}} \cdot r_c)$$

15

20 Die quantitative Ermittlung der einzelnen Verlustbeiträge zum Gesamtverlust ist aufwendig und erfordert einen erheblichen Messaufwand an den Kompressoren, zum Beispiel eine Indizierung des Verdichtungsverlaufs mittels einer hochauflösenden Messtechnik.

25 Dabei sind aus dem Stand der Technik Verdichteroptimierungen bekannt, welche nach "Versuch und Irrtum" ablaufen, wobei im Ergebnis jeweils nur die Auswirkung auf den leicht zu ermittelnden Wirkungsgrad und den Liefergrad ermittelt wird. Nicht ermittelt wird nach dem Stand der Technik, wie sich die einzelnen Verlustbeiträge quantitativ bei den verschiedenen Betriebsbedingungen aufteilen. Eine derartige Auflösung führt zu einem noch verbesserbaren Optimierungspotential für die Verdichter beziehungsweise Kompressoren.

30

So führen, wie eingangs erwähnt, konstruktive Änderungen an der Kompressor- beziehungsweise Verdichtergestaltung gegebenenfalls zu gegenläufigen Auswirkungen auf die einzelnen Verlustvorgänge, wobei die Größe dieser

Auswirkungen wichtige Hinweise für weitere Optimierungsschritte liefern können.

5 Mittels eines rechnerischen Analyseverfahrens von Messdaten gelingt jedoch eine Quantifizierung der einzelnen Verlustanteile, wodurch Schlussfolgerungen auf die dominierenden Verlustmechanismen unter verschiedenen Rahmen- beziehungsweise Betriebsbedingungen gewonnen werden können. Dieses Optimierungsverfahren ist jedoch nicht Gegenstand der vorliegenden Erfindung und wird infolgedessen nicht detaillierter beschrieben. Vielmehr  
10 wird an einem konkreten Beispiel das Ergebnis einer derartigen Verlustanalyse dargelegt und die Schlussfolgerungen abgeleitet, die bei einem R134a-Verdichter für die Kraftfahrzeug-Klimatisierung eine Steigerung des Gesamtwirkungsgrades zur Folge haben kann.

15 Dabei bezieht sich in Fig. 3 das Bezugszeichen 31a auf die relative hubunabhängige Reibleistung, das Bezugszeichen 31b auf die relative hubabhängige Reibleistung, das Bezugszeichen 31c auf den relativen Leckageverlust, das Bezugszeichen 31d auf den relativen Druckventilverlust und das Bezugszeichen 31e auf den relativen Saugventilverlust. Man erkennt, dass  
20 die relative hubunabhängige Reibleistung sowie die relative hubabhängige Reibleistung im Wesentlichen unabhängig von der jeweiligen Kompressordrehzahl ist. Der relative Leckageverlust 31c sowie der relative Druckventilverlust 31d ändern sich in Abhängigkeit von der Kompressordrehzahl. Insbesondere bei hohen Fördergraden, wie in Fig. A und B gezeigt, ist erkennbar,  
25 dass der relative Saugventilverlust 31e in Abhängigkeit von der Kompressordrehzahl zu hohen Kompressordrehzahlen hin stark ansteigt und, insbesondere bei hohen Fördergraden und hohen Kompressordrehzahlen, der relative Saugventilverlust 31e die Gesamtverlustleistung dominiert.

30 Aus diesem Grunde kann, insbesondere bei hohen Kompressordrehzahlen, durch eine Absenkung des relativen Saugventilsverlusts die Gesamtverlustleistung erheblich reduziert werden. Bei realen Betriebszuständen eines Klimakompressors erreicht die Ansaugleistung durch den Ventilspace des Saugventils Werte von über 1000 W.



5 Durch eine Reduzierung dieser Verluste am Saugventil kann damit der Gesamtverlust reduziert werden, selbst wenn durch dieselbe Maßnahme der Druckventilverlust, der sich im Vergleich zum Saugventilverlust weniger stark auf den Gesamtverlust auswirkt, erhöht wird.

10 In Fig. 4 ist eine erfindungsgemäße Vorrichtung zum Komprimieren von gasförmigen Medien in einer ersten Ausführungsform dargestellt. Diese weist eine Druckventilöffnung 4 und zwei Saugventilöffnungen 13a und 13b auf. Daraus ergibt sich, dass der Umfang der Saugventilöffnungen den Umfang der Druckventilöffnung 4 bei weitem übersteigt, d. h. er in diesem Ausführungsbeispiel im Wesentlichen das Doppelte beträgt. Das Bezugszeichen 7 kennzeichnet die Abdeckeinrichtung des Saugventils, welche die Ventilöffnungen 13a und 13b in geschlossenem Zustand vollständig abdeckt.

15 Wie eingangs erwähnt, entsteht generell der größte Anteil des Druckverlustes am engsten Querschnitt des jeweiligen Ventils. Dies ist bei der üblichen Konstruktion der Verdichterventile die Mantelfläche des säulenähnlichen Gebildes (vgl. Fig. 2), dessen Höhe durch den Abstand der Abdeckeinrichtung von der Ventilplatte und dessen Umfang durch den Umfang des Ventilöffnungsquerschnitts der Ventilplatte definiert ist. Dies bedeutet, dass der engste freie Querschnitt des Saugventils in Beziehung zum engsten Querschnitt des Druckventils durch die jeweiligen definierten Mantelflächen im Produkt mit den Abständen der Abdeckeinrichtungen zur Ventilplatte definiert ist.

20 In Fig. 5 ist eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung dargestellt. Bei dieser Ausführungsform wird der erheblich größere Umfang des Saugventils gegenüber dem Druckventil dadurch erreicht, dass diese Ventilöffnung einen wesentlich größeren kreisförmigen Querschnitt aufweist. Dabei ist jedoch zu beachten, dass zwischen den jeweiligen Öffnungen für das Druck- und das Saugventil in der Ventilplatte ein genügend breiter Steg (nicht gezeigt) verbleibt, der eine Trennung zwischen dem Druck- und dem Saugraum auf der dem Zylinder gegenüberliegenden Seite der

Ventilplatte ermöglicht, in dem beziehungsweise von dem aus das zu verdichtende Gas strömt (vgl. Fig. 2).

5 In Fig. 6 ist eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung dargestellt. Dabei bleibt das Druckventil beziehungsweise dessen Öffnung 4 im Vergleich zu der in Fig. 5 gezeigten Ausführungsform im Wesentlichen unverändert. Die Abdeckeinrichtung 7 für die Ansaugöffnung weist eine Vielzahl von Ausnehmungen 27a, 27b usw. auf. Diese Ausnehmungen 27a, 27b dienen dazu, den Strömungsweg im engsten Spalt zu vermindern.

10 Da neben dem Querschnitt des jeweiligen Spalts auch die Länge des Spalts zwischen der Öffnung des Ventils 13 und der Abdeckeinrichtung 7 von Bedeutung ist, kann durch diese Durchbrüche oder Ausnehmungen 27a, 27b erreicht werden, dass an den Stellen, infolge derer ein relativ langer Gasweg mit engem Querschnitt entstehen würde, das Gas direkt austreten kann. Die  
15 jeweiligen Ausnehmungen 27a, 27b können, wie in der in Fig. 6 gezeigten Ausführungsform, im Wesentlichen symmetrisch angeordnet sein; es ist jedoch auch eine hiervon abweichende Anordnung der jeweiligen Ausnehmungen 27a, 27b beziehungsweise Durchbrüche möglich. Die Öffnung 13 ist  
20 in dieser Ausführungsform sternförmig ausgebildet, wodurch ein stark erhöhter Umfang erreicht wird. Die Ausnehmungen sind zwischen den Vorsprüngen 28a, 28b etc. der Öffnung 13 angeordnet.

Bei der in Fig. 7 gezeigten Ausführungsform weist die Abdeckeinrichtung 13  
25 anstelle der Ausnehmungen 27a, 27b aus Fig. 6 Einschnitte 29a, 29b etc. auf. Die Ansaugöffnung 13 weist in dieser Ausführungsform ebenfalls Vorsprünge 28a, 28b etc. auf. Durch diese Maßnahme kann einerseits der Umfang der Ansaugöffnung 13 stark erhöht werden, andererseits können, da die Abdeckeinrichtung 7 die Öffnung jeweils nur jeweils im Bereich der Vor-  
30 sprünge geringfügig überragt, auch allzu lange Strömungswege verhindert werden. Die Vorsprünge 39a, 39b, 39c (vgl. Fig. 6 und 7) der Abdeckeinrichtung 7 dienen bevorzugt der Hubbegrenzung der Abdeckeinrichtung.

Die Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der Vermeidung der obengenannten Nachteile (hohe energetische Verlustbeiträge durch das Saugventil innerhalb der Kompressionsvorrichtung). Insbesondere ist es möglich, die Durchtrittsfläche des für den Druckverlust hauptsächlich verantwortlichen engsten Ventilspaltes bzw. am Saugventil um Faktoren im Vergleich zu dem des Druckventils zu erhöhen.

In Fig. 8 ist die Kompressorverlustleistung für unterschiedliche Regelgrade für die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Austausch von Wärme dargestellt. Dabei bezeichnen die Abschnitte A, B, C und D wiederum die einzelnen Verhältnisse bei den unterschiedlichen Regelgraden 0,8 (A), 0,6 (B), 0,4 (C), 0,2 (D). Aufgetragen ist auch hier die Verlustleistung in Relation zur isentropen Leistung gegenüber der jeweiligen Kompressordrehzahl.

Man erkennt, dass auch bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Komprimieren von Gas die relative hubunabhängige Reibleistung 31a sowie die relative hubabhängige Reibleistung 31b über den betrachteten Kompressordrehzahlbereich im Wesentlichen konstant bleibt. Dagegen findet bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Komprimieren von Gas in Abhängigkeit von der Kompressordrehzahl gegenüber dem Stand der Technik mit steigender Kompressordrehzahl ein erheblich geringerer Anstieg des relativen Saugventilverlusts, insbesondere bei hohen Regelgraden und hohen Kompressordrehzahlen, statt.

Dagegen wirkt sich bei geringen Regelgraden die Verbesserung am Saugventil nur relativ geringfügig aus.

In den Figuren 9 und 10 ist der Gesamtwirkungsgrad eines R134a-Kompressors dargestellt, wobei Fig. 9 den Wirkungsquerschnitt eines Kompressors nach dem Stand der Technik und Fig. 10 des der erfindungsgemäßen Vorrichtung darstellt. Dabei wird wieder von definierten Drücken ausgegangen. Über der x-Achse ist die jeweilige Drehzahl des Kompressors aufgetragen, über der y-Achse der Fördergrad und über der z-Achse der errechnete Gesamtwirkungsgrad. Man erkennt, dass im Falle der erfindungsgemäßen

Vorrichtung, insbesondere bei hohen Fördergraden und hohen Drehzahlen, der Gesamtwirkungsgrad erheblich höher liegt als der vergleichbare Wirkungsgrad bei der Vorrichtung nach dem Stand der Technik. Auch liegt der maximale Gesamtwirkungsgrad bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung deutlich höher als bei der Vorrichtung nach dem Stand der Technik. Während für hohe Fördergrade und hohe Kompressordrehzahlen der berechnete Gesamtwirkungsgrad bei der Vorrichtung nach dem Stand der Technik sehr rasch auf Werte unter 0,25 absinkt, beträgt der Gesamtwirkungsgrad für die erfindungsgemäße Vorrichtung bei den vergleichbaren Drehzahlen und Fördergraden noch etwa 0,35.

Wie in Fig. 8 dargestellt, konnten im Vergleich zu Fig. 3 die Saugventilverluste auf ca. 30 % reduziert werden. Dabei konnten die Auswirkungen auf den Gesamtwirkungsgrad – in den Figuren 8, 9 und 10 gezeigt – definiert als das Verhältnis von isentroper Verdichtungsleistung und investierter mechanischer Antriebsleistung, vor allem bei mittleren und hohen Volumenströmen (das heißt, mittleren und hohen Drehzahlen und mittleren und hohen Regelgraden), signifikant verbessert werden, wie sich aus dem Vergleich der Figuren 9 und 10 ergibt. Dies führt im Ergebnis dazu, dass für den Betrieb der Klimaanlage geringere Antriebsleistung nötig ist, und auf diese Weise der für die Klimaanlage benötigte Kraftstoffverbrauch und die dazugehörige Emission (Treibhauseffekt) verringert werden können.

Daneben ist es möglich, die Heißgastemperatur zu senken. Dies führt zu geringeren thermischen Belastungen der Kältemittelschläuche, zu einer Entschärfung der Leistungsanforderungen an den Kondensator, da weniger Wärme an die Umgebung abzuführen ist, sowie zu einer Reduktion der Kältemitteldiffusionsrate durch die elastomeren Schlauchmaterialien, was wiederum zu weiterer Schonung der Umwelt führt.

5

**P a t e n t a n s p r ü c h e**

10

1. Vorrichtung zum Komprimieren gasförmiger Medien mit

wenigstens einem Kompressionsraum (10), in den das gasförmige Medium eintreten kann und aus dem das gasförmige Medium austreten kann,

15

einer ersten Ventileinrichtung (13, 7) mit wenigstens einer ersten Öffnung (13) und wenigstens einer ersten die erste Öffnung wenigstens zeitweise im Wesentlichen bedeckenden Abdeckeinrichtung (7), wobei die erste Ventileinrichtung einen Eintritt des gasförmigen Mediums in den Kompressionsraum (10) erlaubt und einen Austritt des gasförmigen Mediums aus dem Kompressionsraum (10) im Wesentlichen verhindert;

20

25

einer zweiten Ventileinrichtung (4, 8) mit wenigstens einer zweiten Öffnung (4) und wenigstens einer zweiten die zweite Öffnung wenigstens zeitweise im Wesentlichen bedeckenden Abdeckeinrichtung (8), wobei die zweite Ventileinrichtung einen Austritt des gasförmigen Mediums aus dem Kompressionsraum (10) erlaubt und einen Eintritt des gasförmigen Mediums in den Kompressionsraum (19) im Wesentlichen verhindert;

30

**dadurch gekennzeichnet,**



dass der engste freie Querschnitt einer Ventileinrichtung den engsten freien Querschnitt der anderen Ventileinrichtung erheblich übertrifft.

5

2. Vorrichtung nach Anspruch 1,

**dadurch gekennzeichnet,**

10

dass der engste freie Querschnitt der ersten Ventileinrichtung (13, 7) den engsten freien Querschnitt der zweiten Ventileinrichtung (14, 8) erheblich übertrifft.

3. Vorrichtung nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche,

15

**dadurch gekennzeichnet,**

20

dass der engste freie Querschnitt der einen Ventileinrichtung den engsten freien Querschnitt der anderen Ventileinrichtung wenigstens um einen Faktor 2 übertrifft.

4. Vorrichtung nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche,

25

**dadurch gekennzeichnet,**

dass die Vorrichtung eine gegenüber dem Kompressionsraum (10) beweglich angeordnete Kolbeneinrichtung aufweist.

30

5. Vorrichtung nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet,**

5

dass wenigstens eine Abdeckeinrichtung als Lamelle ausgeführt ist.

6. Vorrichtung nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche,

10

**dadurch gekennzeichnet,**

dass wenigstens eine Ventileinrichtung, bevorzugt beide Ventileinrichtungen in einer Ventilplatte (2) angeordnet sind.

15

7. Vorrichtung nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet,**

20

dass die erste Öffnung (13) der ersten Ventileinrichtung nicht kreisförmig ausgebildet ist.

8. Vorrichtung nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche,

25

**dadurch gekennzeichnet,**

dass die erste Ventileinrichtung mehrere erste Öffnungen aufweist.

30

9. Vorrichtung nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet,**

5

dass der Umfang der wenigstens einen ersten Öffnung (13) der ersten Ventileinrichtung größer ist als der Umfang der wenigstens einen zweiten Öffnung der zweiten Ventileinrichtung.

10

10. Vorrichtung nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet,**

15

dass wenigstens eine Öffnung (13) der ersten Ventileinrichtung einen Umfang aufweist, der verglichen mit dem Umfang einer fiktiven kreisförmigen Öffnung, welche die gleiche Querschnittsfläche wie die wenigstens eine erste Öffnung aufweist, um wenigstens 10 % , bevorzugt um wenigstens 20 % und besonders bevorzugt um wenigstens 50 % übersteigt.

20

11. Vorrichtung nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet,**

25

dass wenigstens eine Abdeckeinrichtung, bevorzugt die Abdeckeinrichtung der ersten Ventileinrichtung wenigstens eine Ausnehmung aufweist.

30

12. Vorrichtung nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet,**

5

dass wenigstens eine Abdeckeinrichtung, bevorzugt die Abdeckeinrichtung (7) der ersten Ventileinrichtung wenigstens einen Vorsprung aufweist.

- 10 13. Vorrichtung nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet,**

15

dass wenigstens eine Abdeckeinrichtung (7, 8) an der Ventilplatte befestigt ist.

14. Vorrichtung nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche,

20

**dadurch gekennzeichnet,**

25

dass die Gestalt wenigstens einer Abdeckeinrichtung (7, 8) an die Gestalt der dieser Abdeckeinrichtung zugeordneten Öffnung (13, 4) angepasst ist.

15. Vorrichtung nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche,

30

**dadurch gekennzeichnet,**

dass die Umfangsränder wenigstens einer Abdeckeinrichtung die Umfangsränder der zugeordneten Öffnung um zwischen 0,5mm und 5mm, bevorzugt um 1mm bis 3mm überragen.

5

16. Vorrichtung nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet,**

10

dass wenigstens eine Öffnung eine umfänglich umlaufende Nut aufweist.

17. Vorrichtung nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche,

15

**dadurch gekennzeichnet,**

20

dass die Ventilplatte wenigstens einen Oberflächenabschnitt mit einer wenigstens abschnittsweise verformbaren Beschichtung aufweist.

18. Vorrichtung nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche,

25

**dadurch gekennzeichnet,**

dass wenigstens eine Abdeckeinrichtung wenigstens einen Oberflächenabschnitt mit einer wenigstens abschnittsweise verformbaren



Beschichtung aufweist.

19. Vorrichtung nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche,

5

**dadurch gekennzeichnet,**

dass die Beschichtung ein Material aufweist, welches Teflon enthält.

10

20. Vorrichtung nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet,**

15

dass wenigstens eine Abdeckeinrichtung von ihrer zugeordneten Öffnung im geöffneten Zustand des Ventils wenigstens abschnittsweise einen Abstand aufweist, der größer als 0,5 mm, bevorzugt größer als 1,0 mm und besonders bevorzugt größer als 1,5 mm ist.

20

21. Verwendung einer Vorrichtung nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche in einer Klimaanlage, insbesondere für ein Kraftfahrzeug.

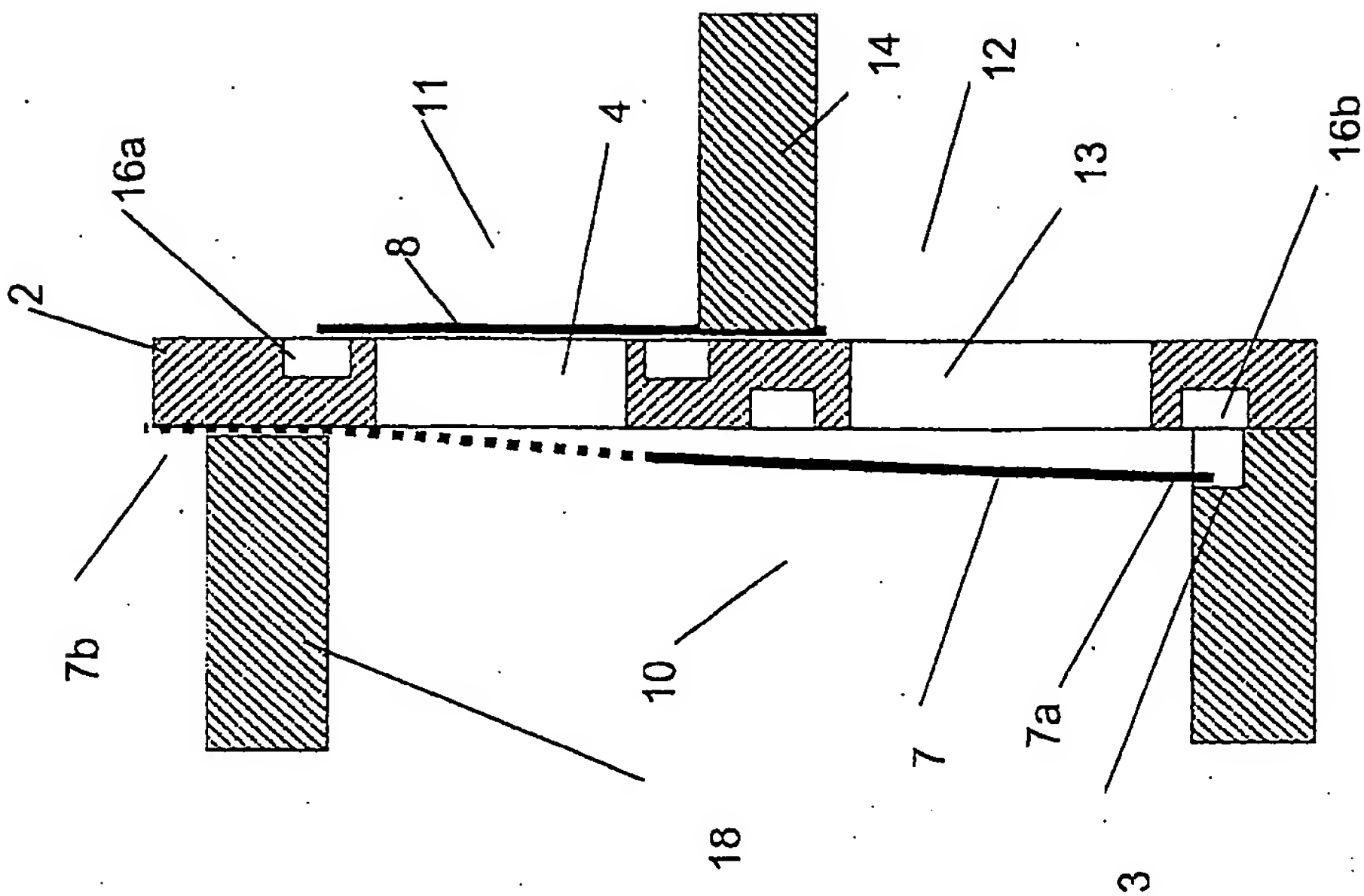


Fig. 2

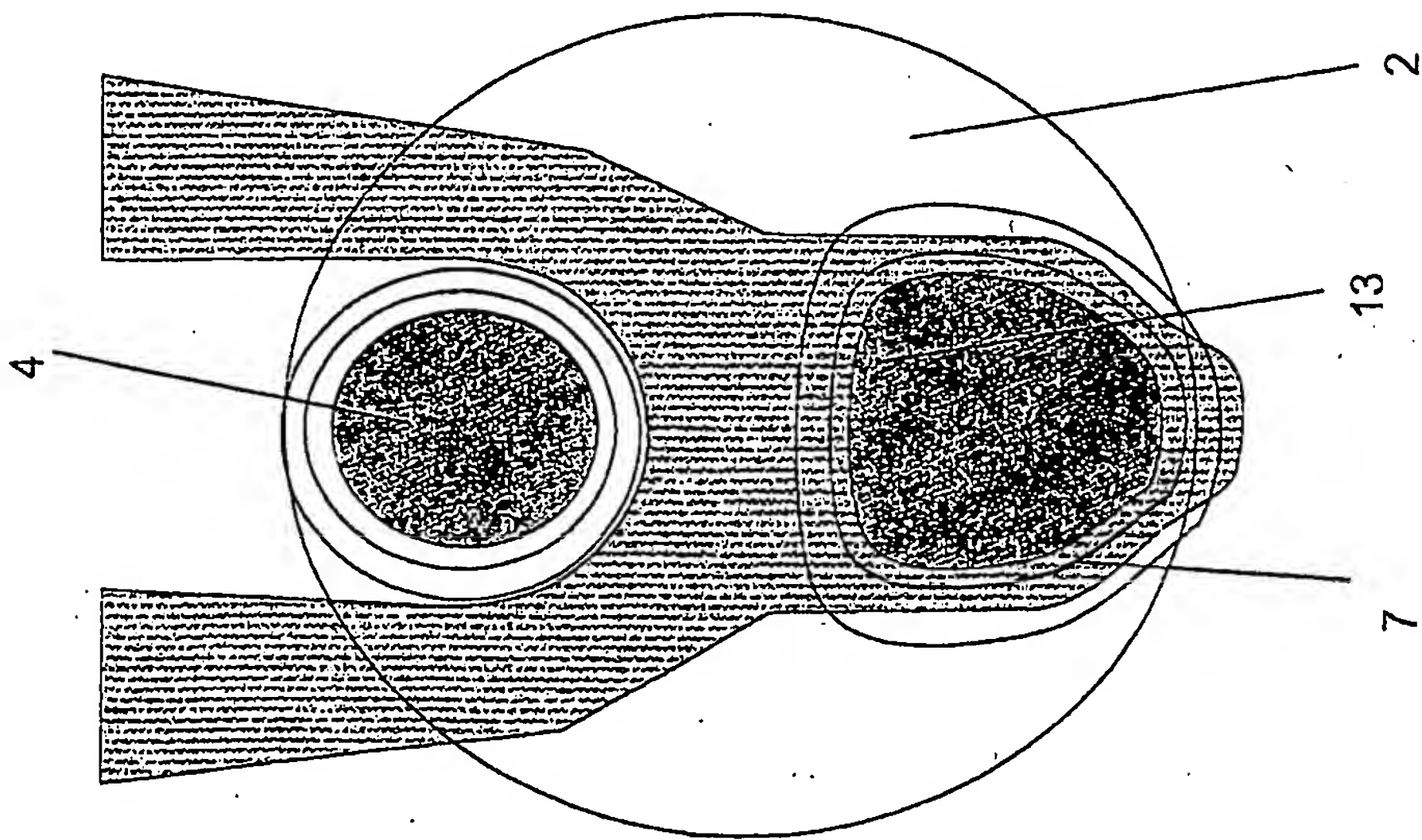


Fig. 1

Fig. 3

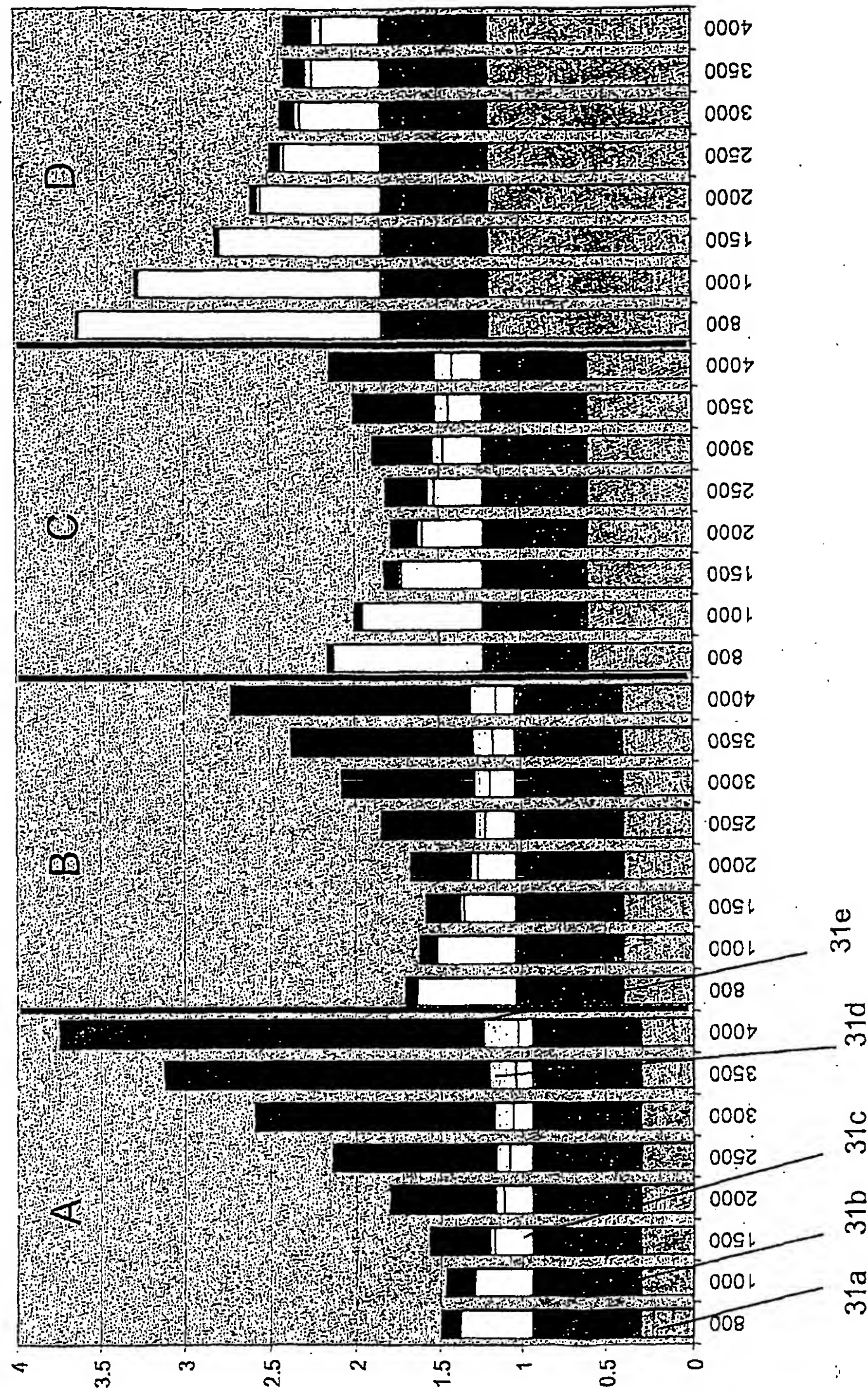




Fig 5

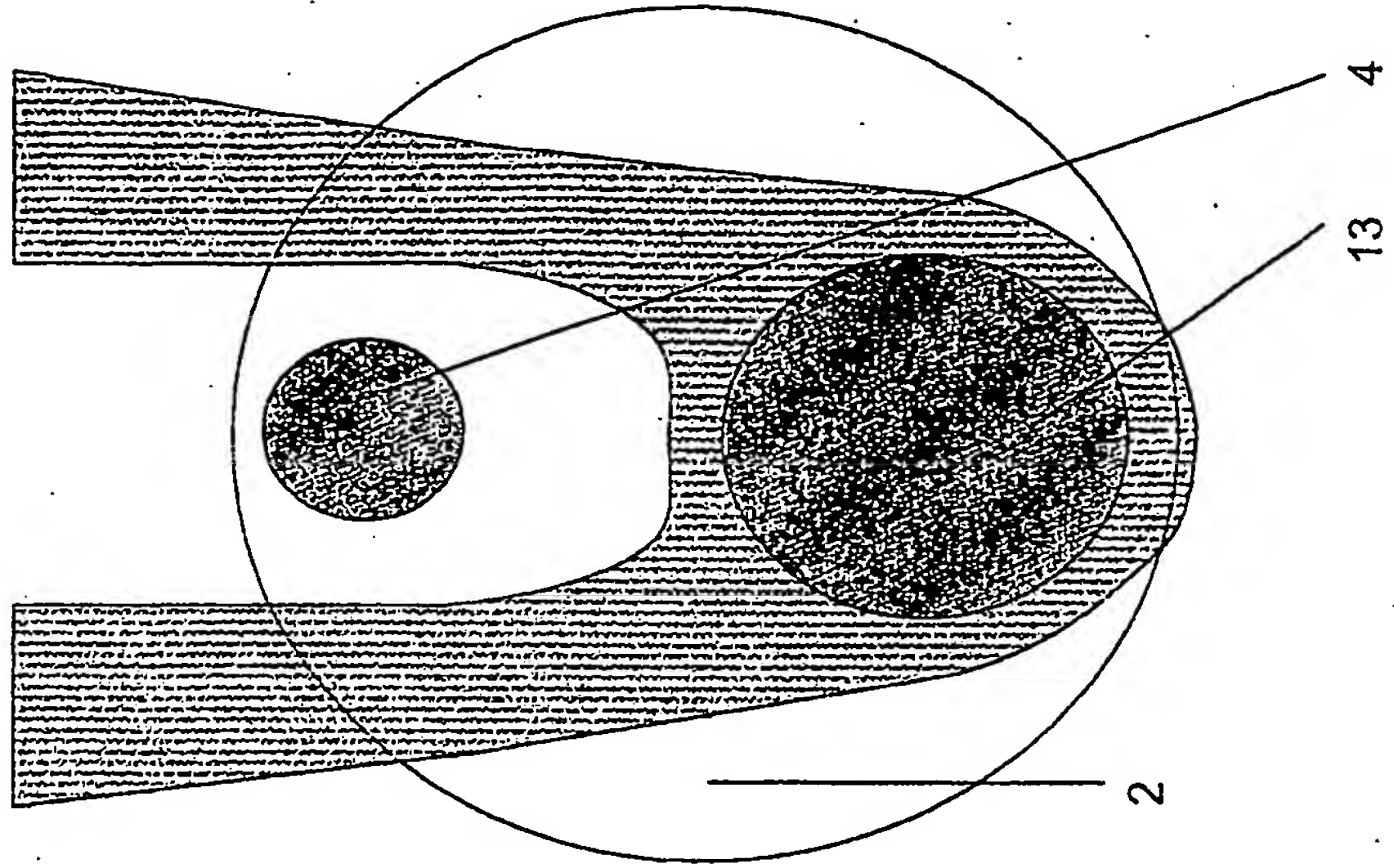


Fig 4

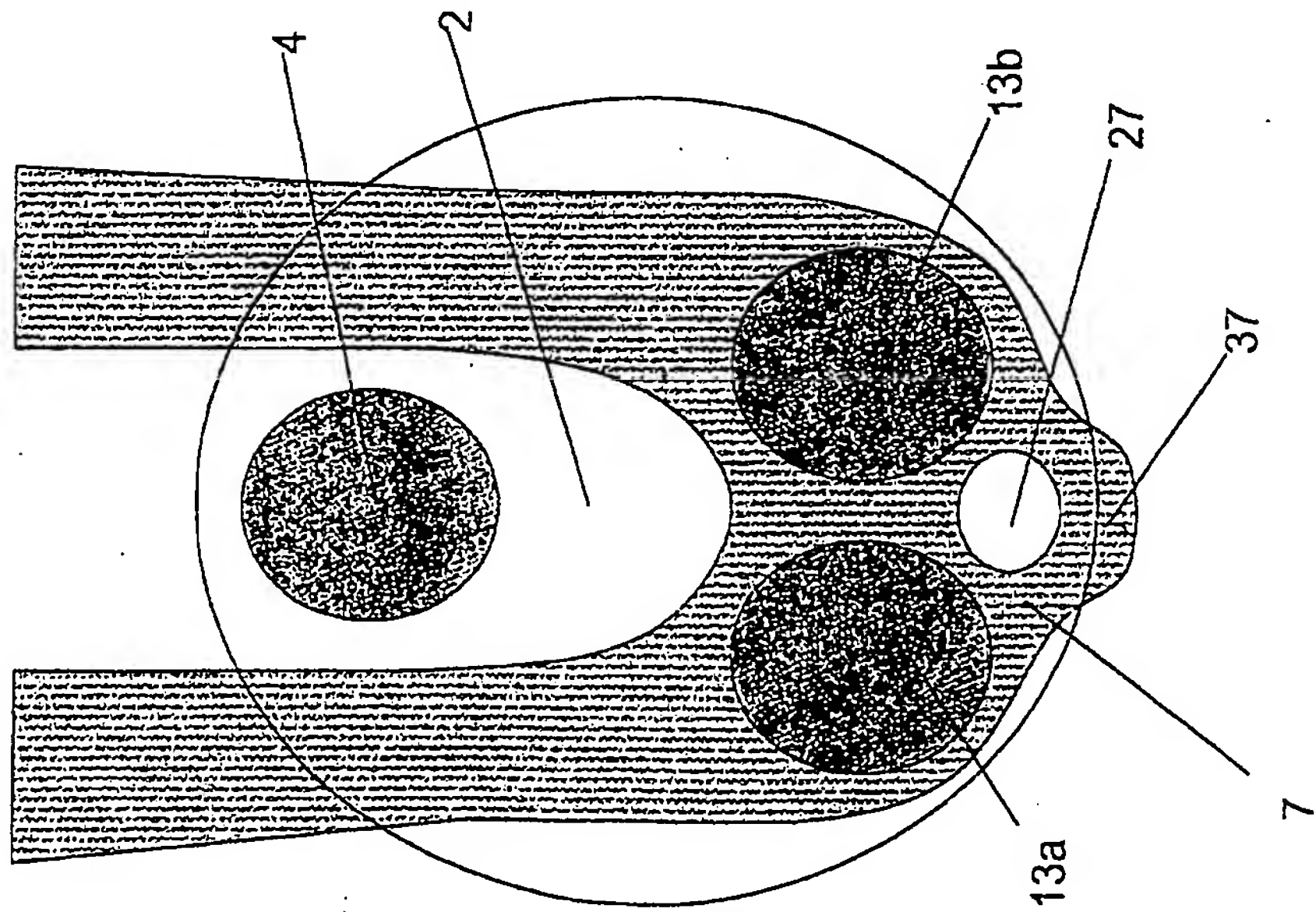


Fig 7

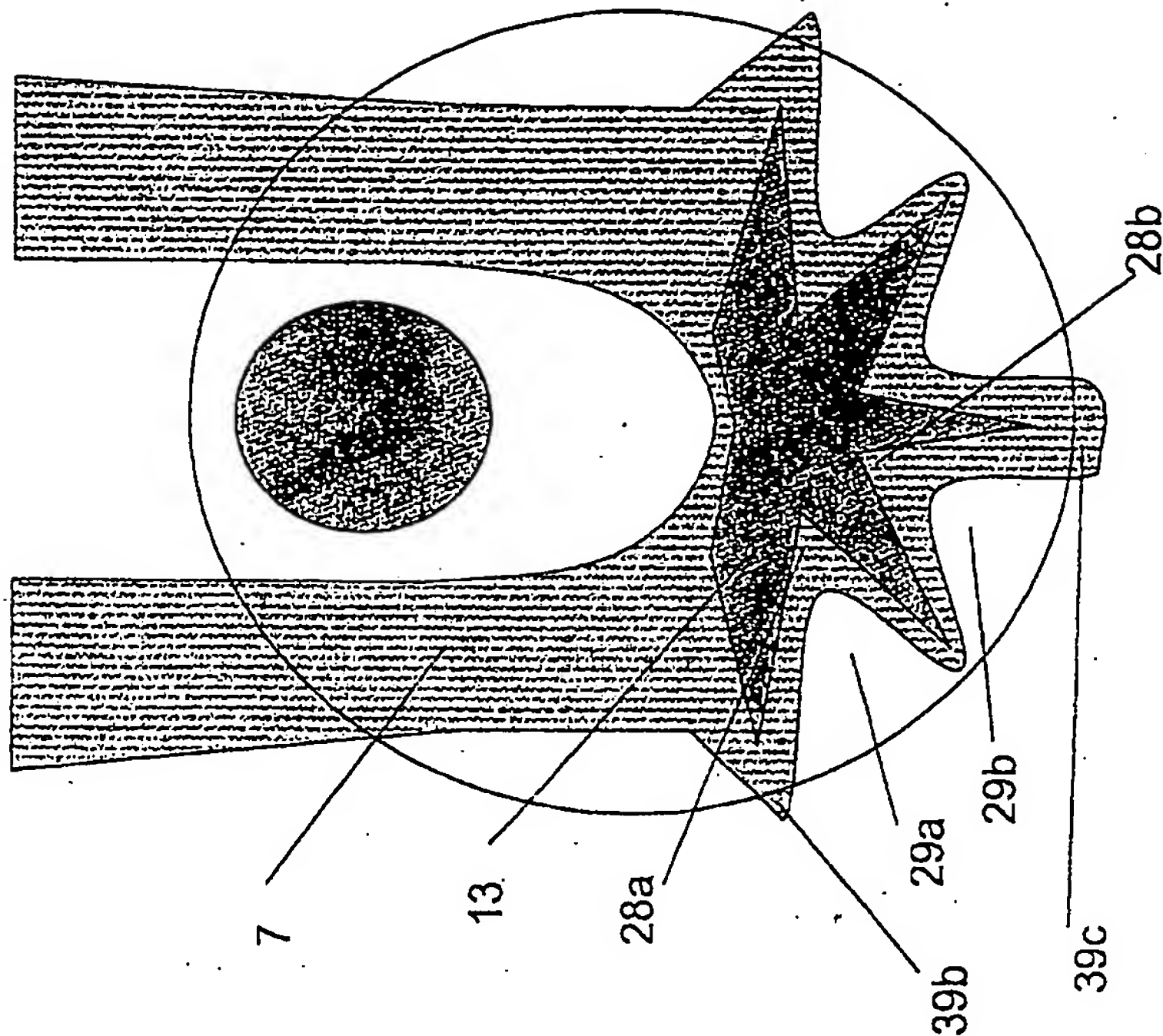


Fig. 6

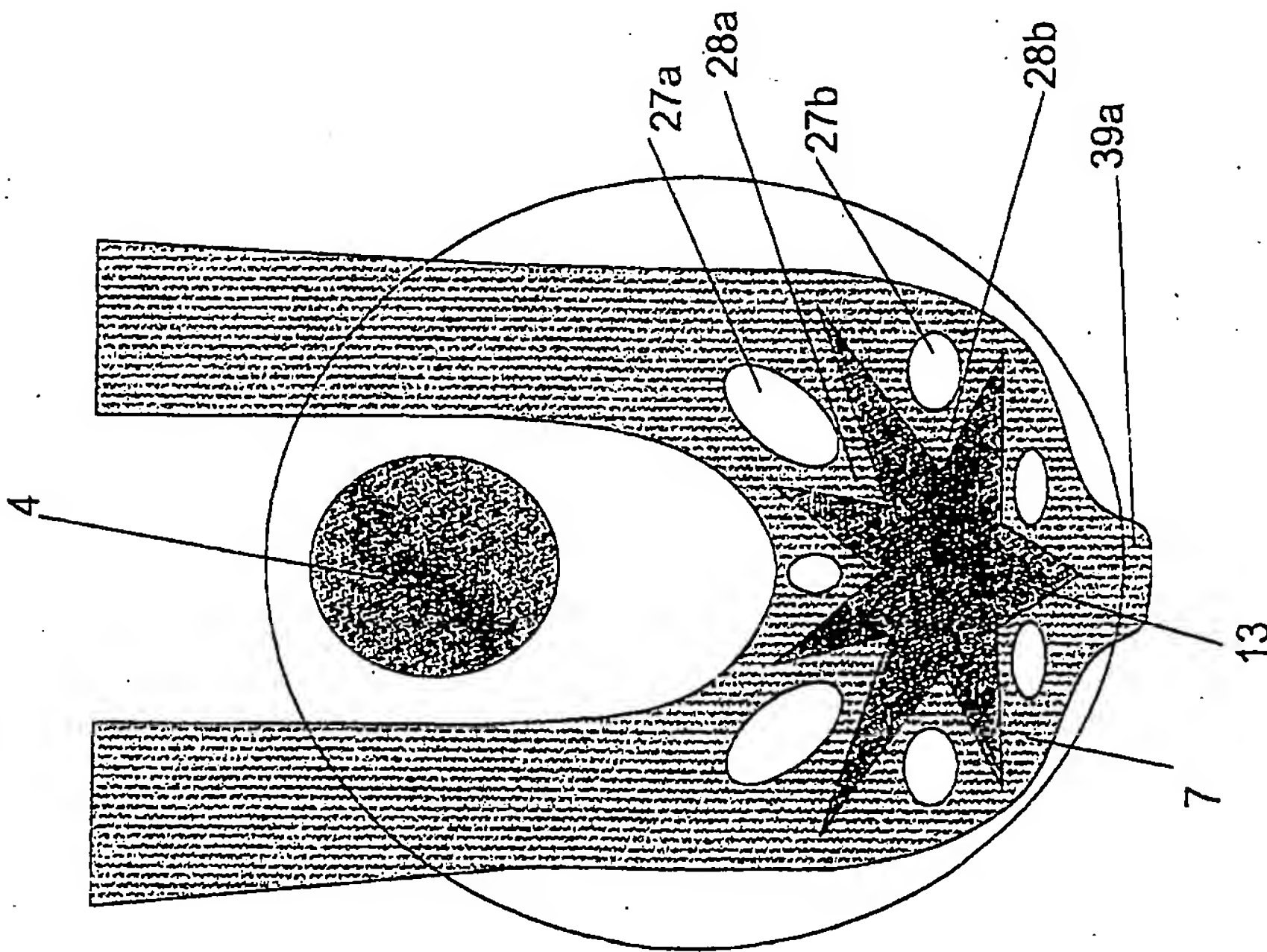




Fig. 8

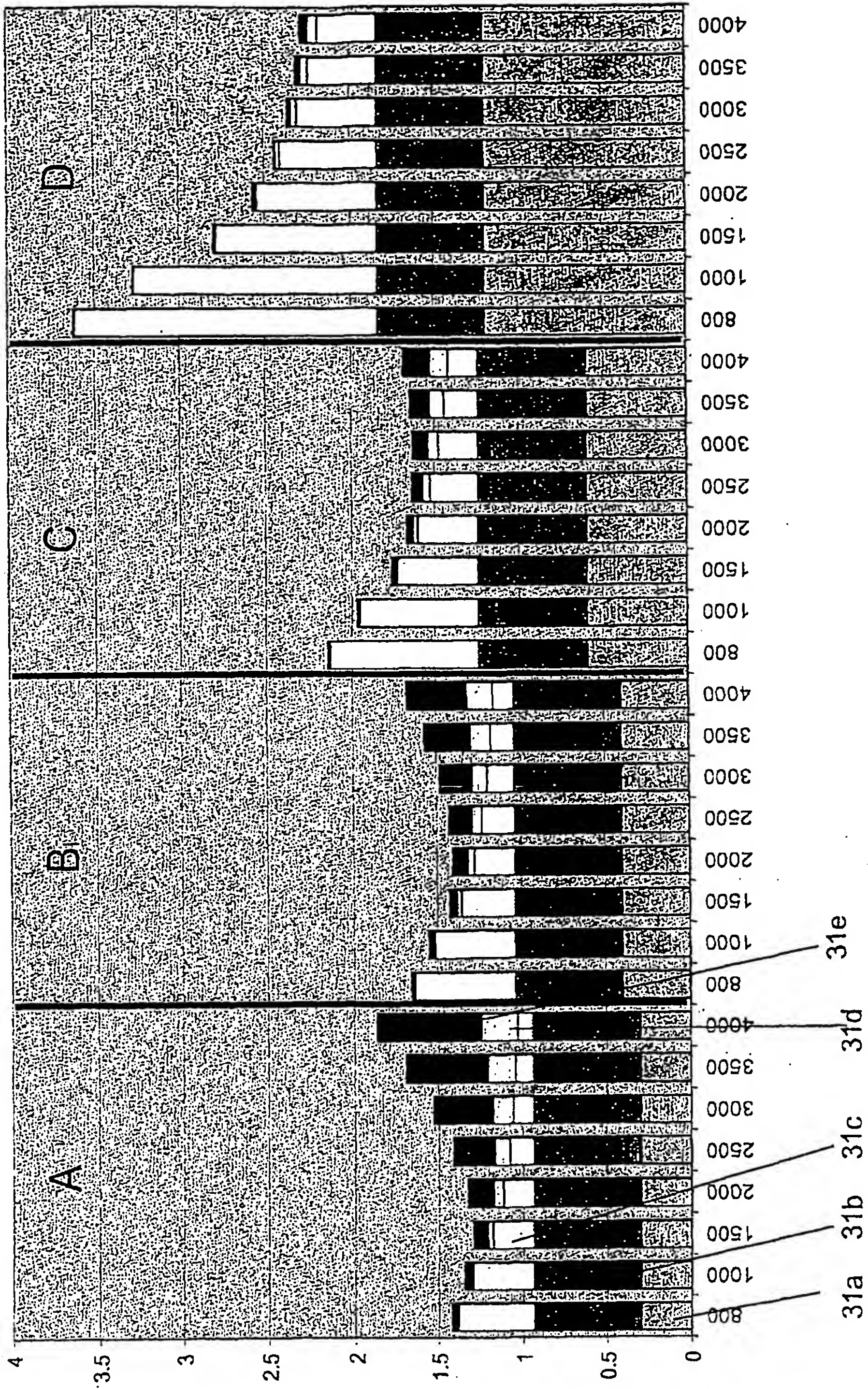


Fig. 9

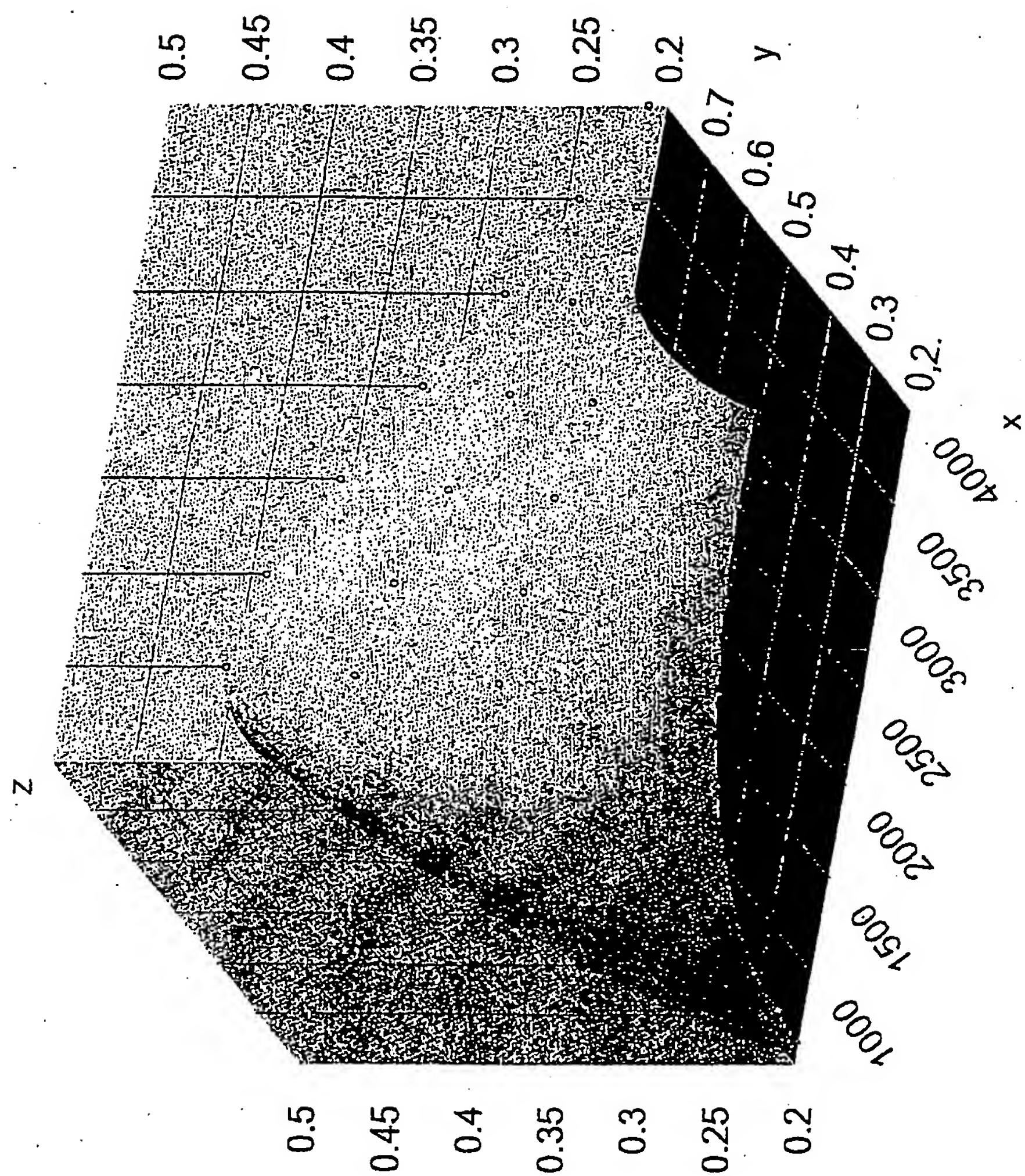




Fig. 10

